

ATLAS実験シリコン飛跡検出器の 宇宙線テストにおけるノイズ解析

岡山大学自然研究科 美馬 寛

2007年3月27日

日本物理学会春季大会 首都大学東京南大沢キャンパス

田中礼三郎, 内藤大輔, 原和彦^A, 永井義一^A, 井上孝紀^A,
近藤敬比古^B, 海野義信^B, 池上陽一^B, 高力孝^B, 寺田進^B, 高嶋隆一^C, 山下良樹^C,
上田郁夫^D, 花垣和則^E, 他アトラスSCTグループ

岡山大自然, 筑波大物理^A, 高工研^B, 京都教育大^C, 東大素^D, 阪大^E



目次・概要

1. 実験の舞台の紹介
 1. LHC加速器
 2. ATLAS検出器
 3. SCT飛跡検出器
2. 宇宙線テスト
 1. ノイズ解析
 2. Noisy/Deadチャンネル
3. まとめ

1.1.LHC加速器(Large Hadron Collider)

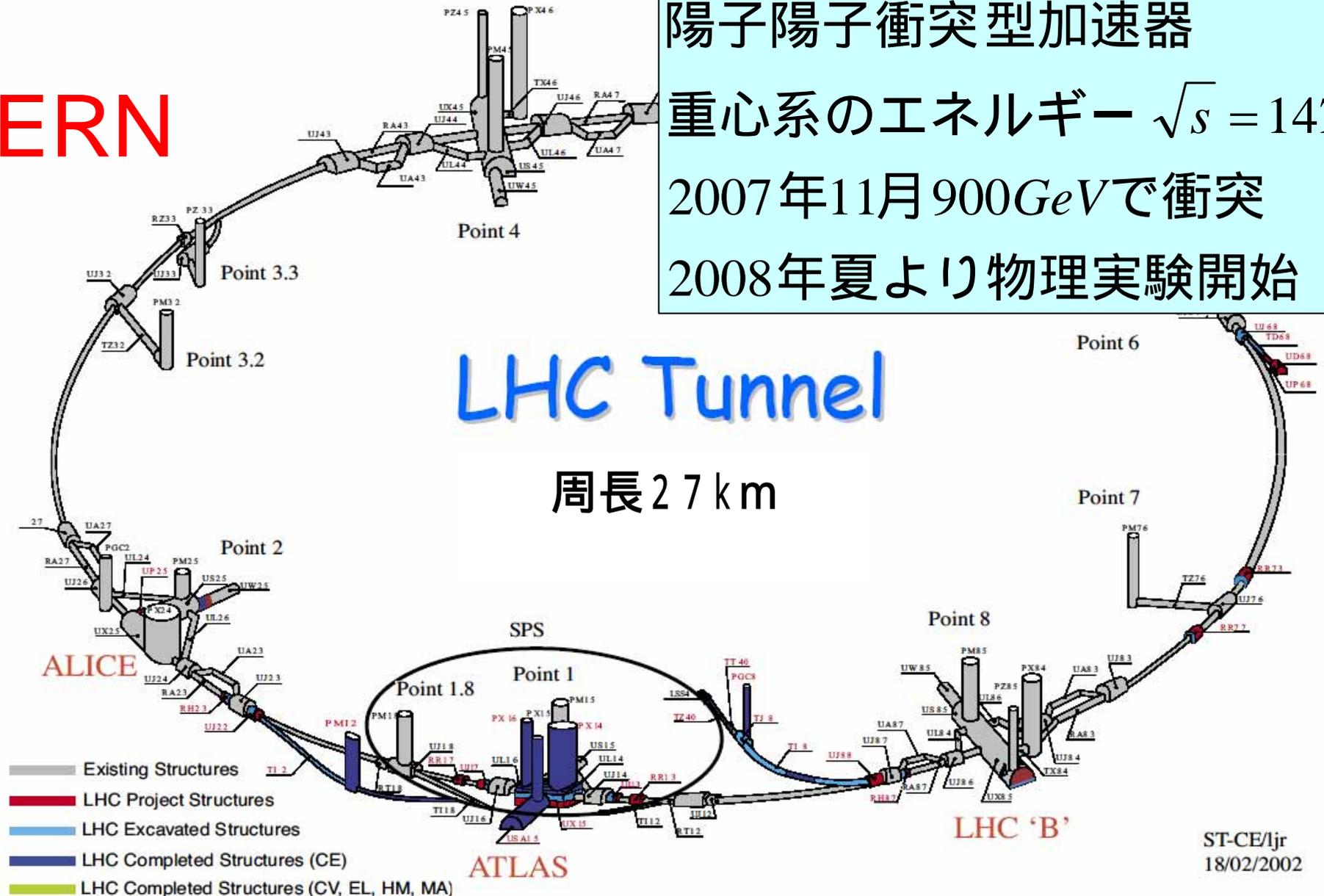
CERN

陽子陽子衝突型加速器

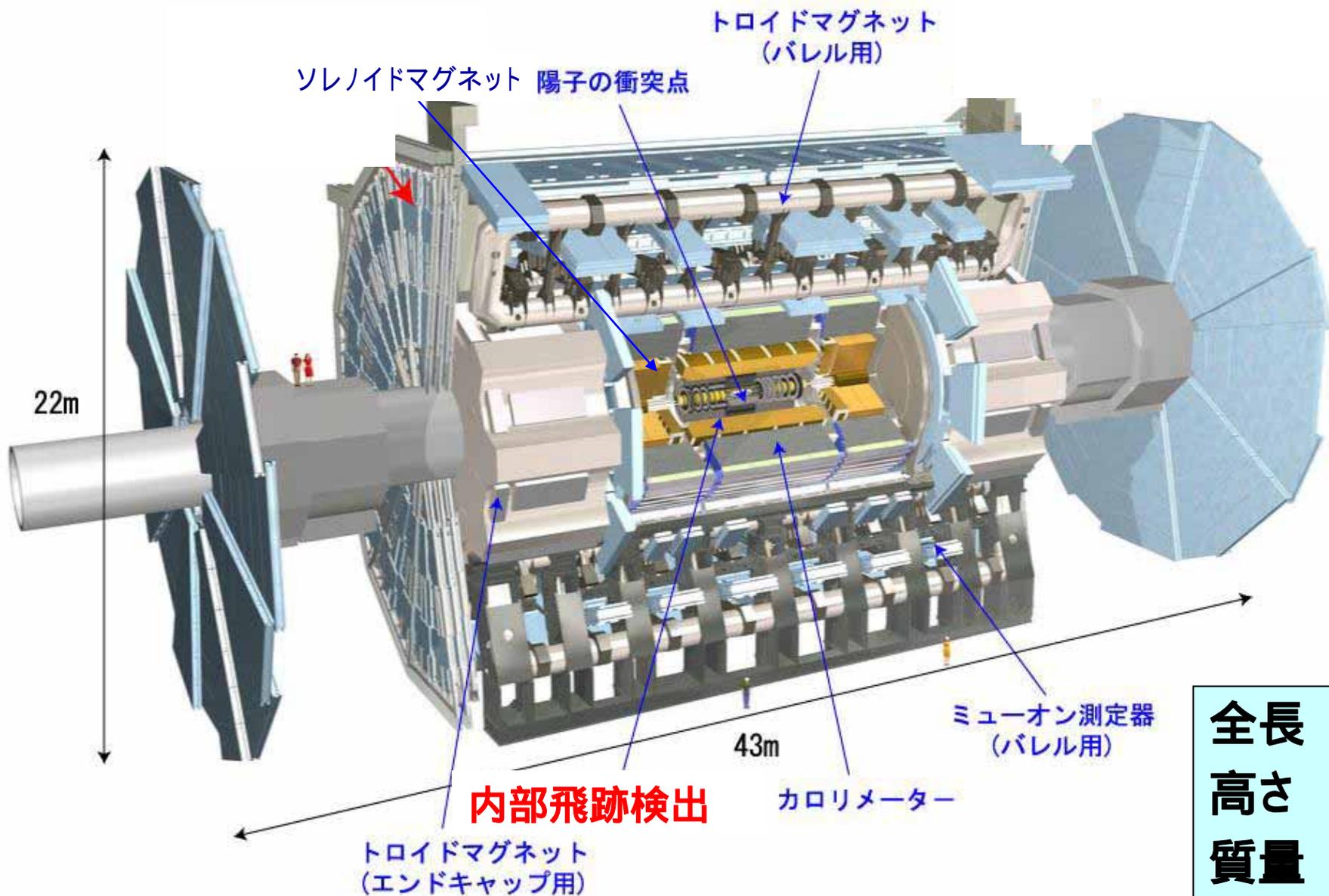
重心系のエネルギー $\sqrt{s} = 14\text{TeV}$

2007年11月900GeVで衝突

2008年夏より物理実験開始



1.2. ATLAS検出器



全長	43 m
高さ	22 m
質量	7000 t

内部飛跡検出器

TRT (遷移輻射飛跡検出器)

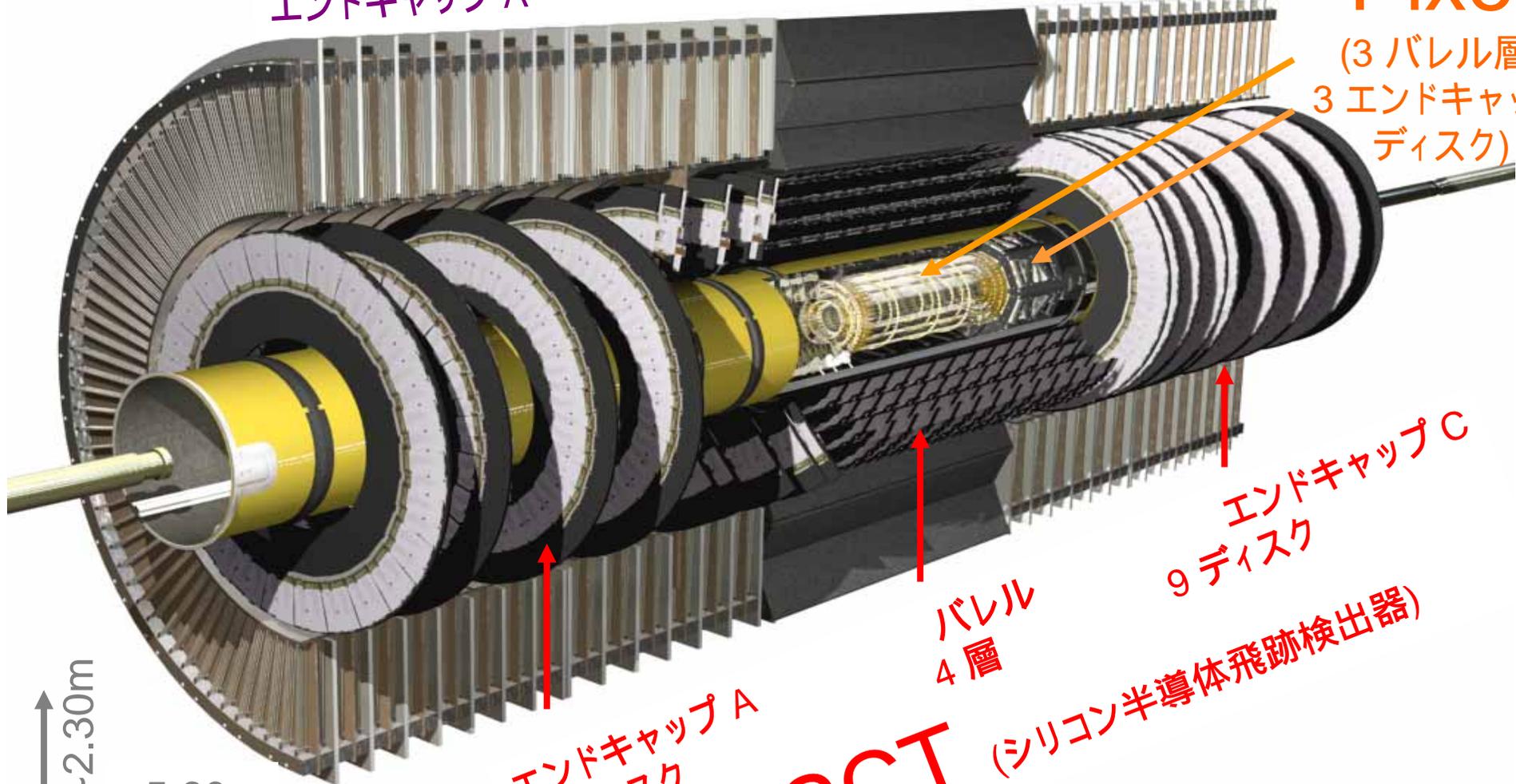
エンドキャップ A

バレル

エンドキャップ C

Pixel

(3 バレル層;
3 エンドキャップ
ディスク)



エンドキャップ A
9 ディスク

バレル
4 層

エンドキャップ C
9 ディスク

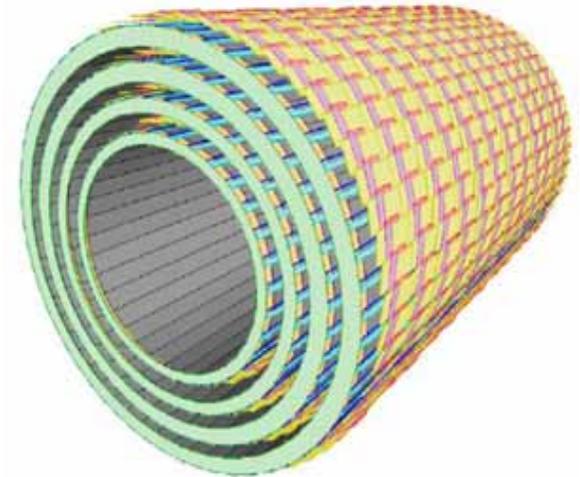
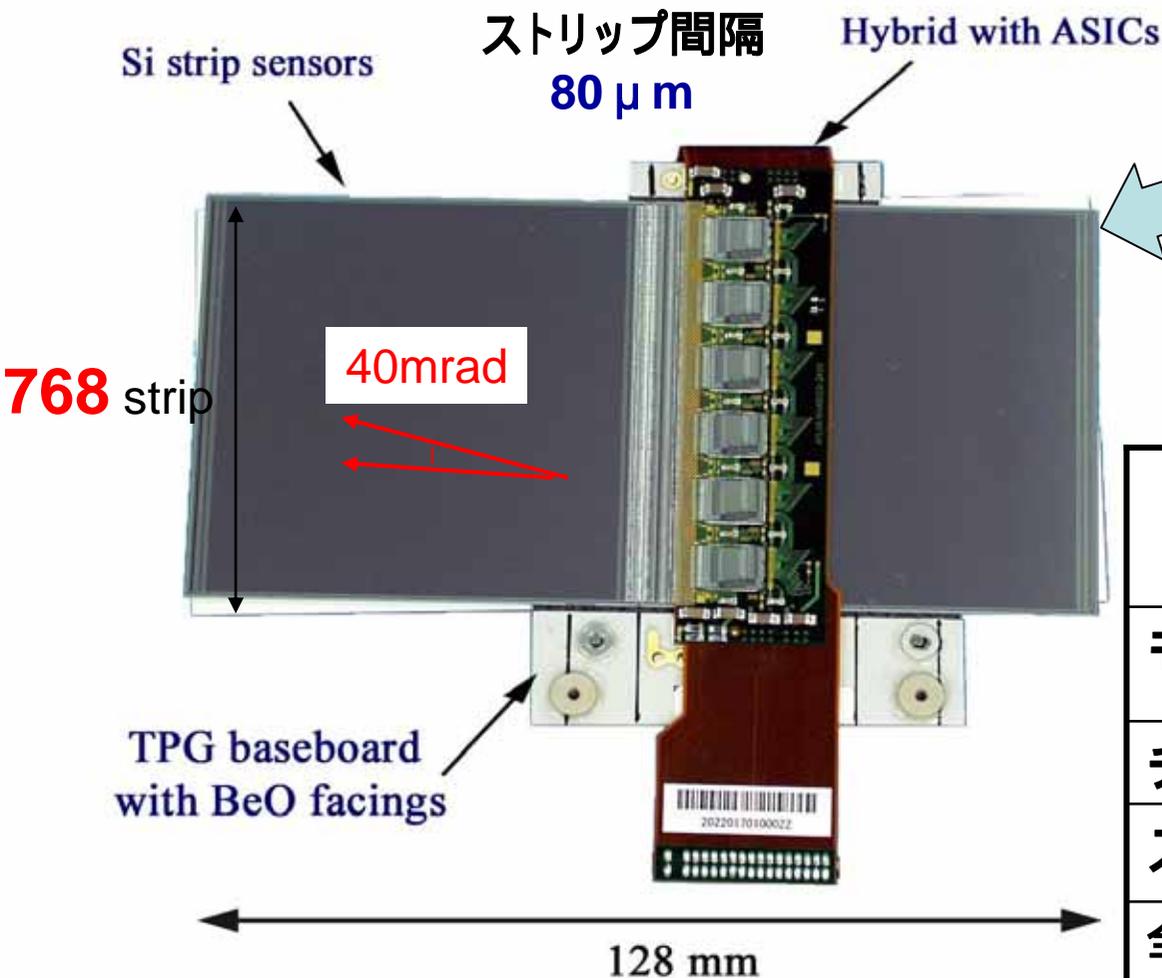
SCT (シリコン半導体飛跡検出器)

~2.30m
~5.60m
2007/13/27

1.3.SCT飛跡検出器

SCTバレルモジュール

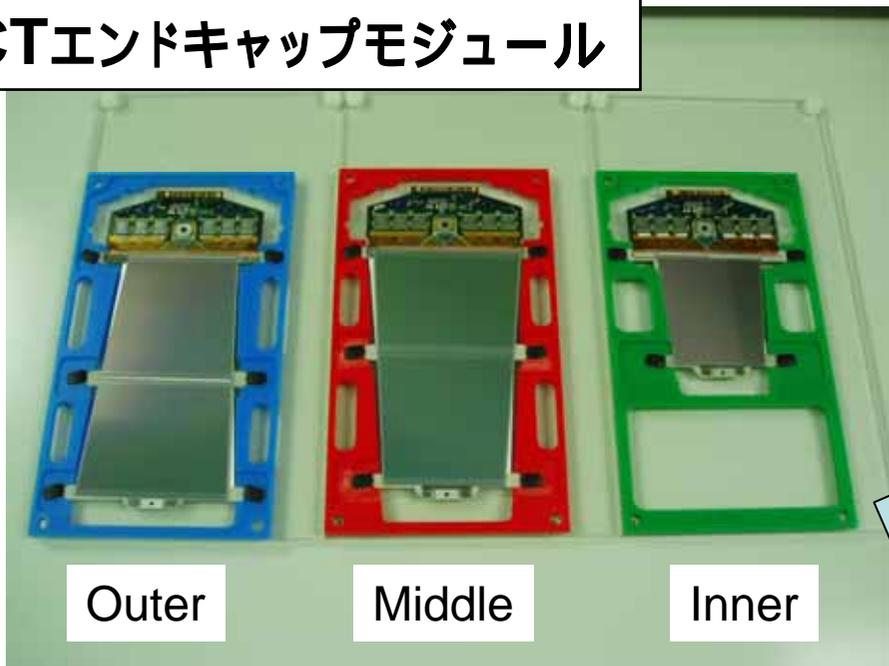
SCTバレル(4層)



	バレル (4層)	エンドキャップ (9ディスク) × 2
モジュール数	2112	988 × 2
チップ数	12	12
ストリップ	768 × 2	768 × 2
全チャンネル数	324万	150万 × 2

エンドキャップ

SCTエンドキャップモジュール



Outer: 56.5–71.8 mm x 123.1 mm

- Pitch: 70.8 – 90.3 μm

Middle: 56.1–75.2 mm x 118.7 mm

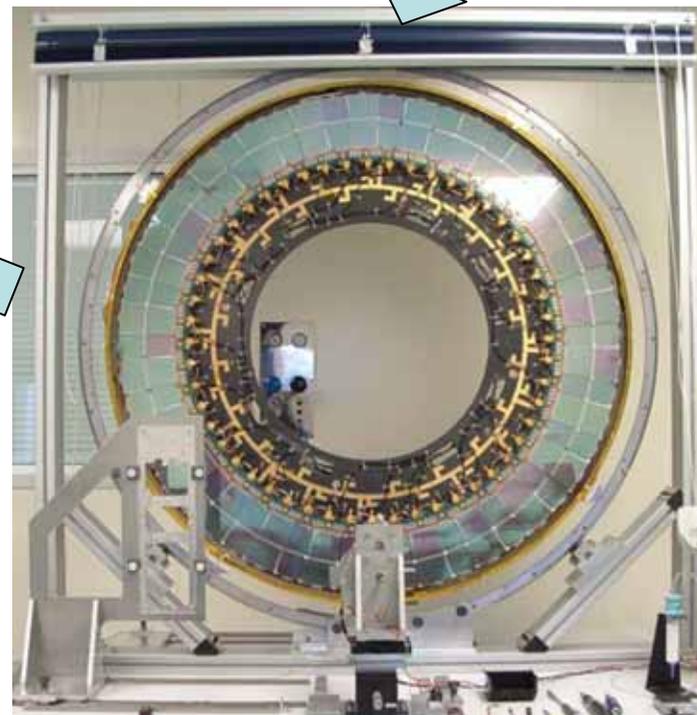
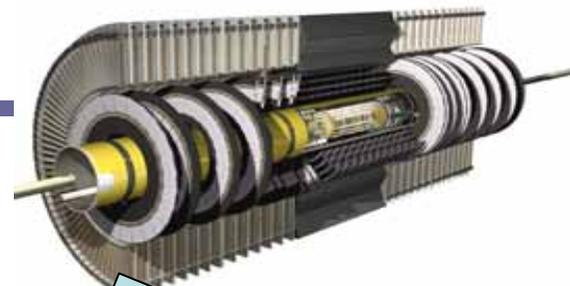
- Pitch: 70.3 – 94.8 μm

Inner: 43.8–55.8 mm x **73.9** mm

- Pitch: 54.4 – 69.5 μm

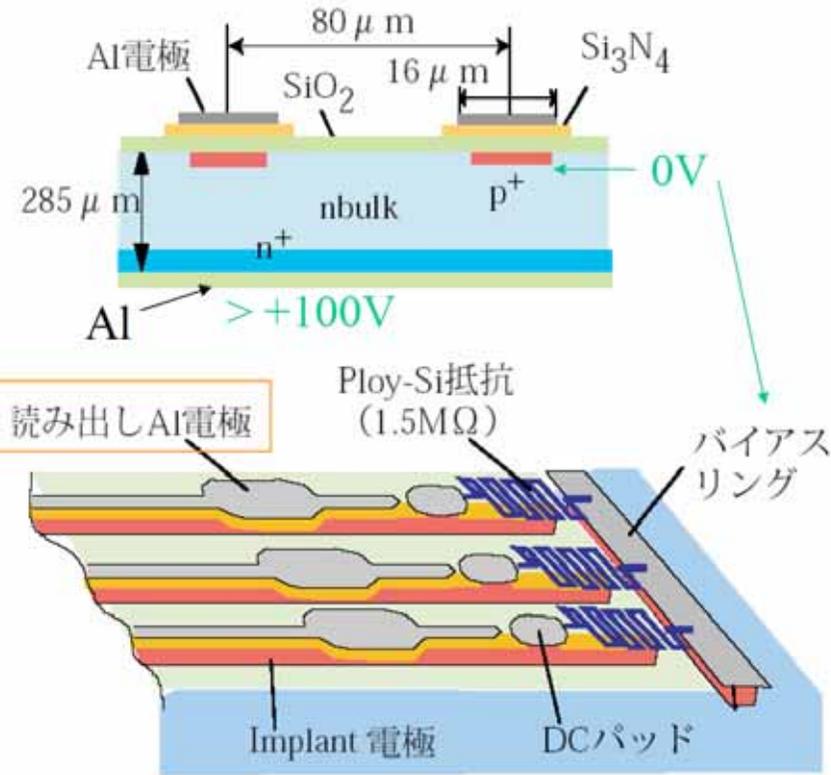
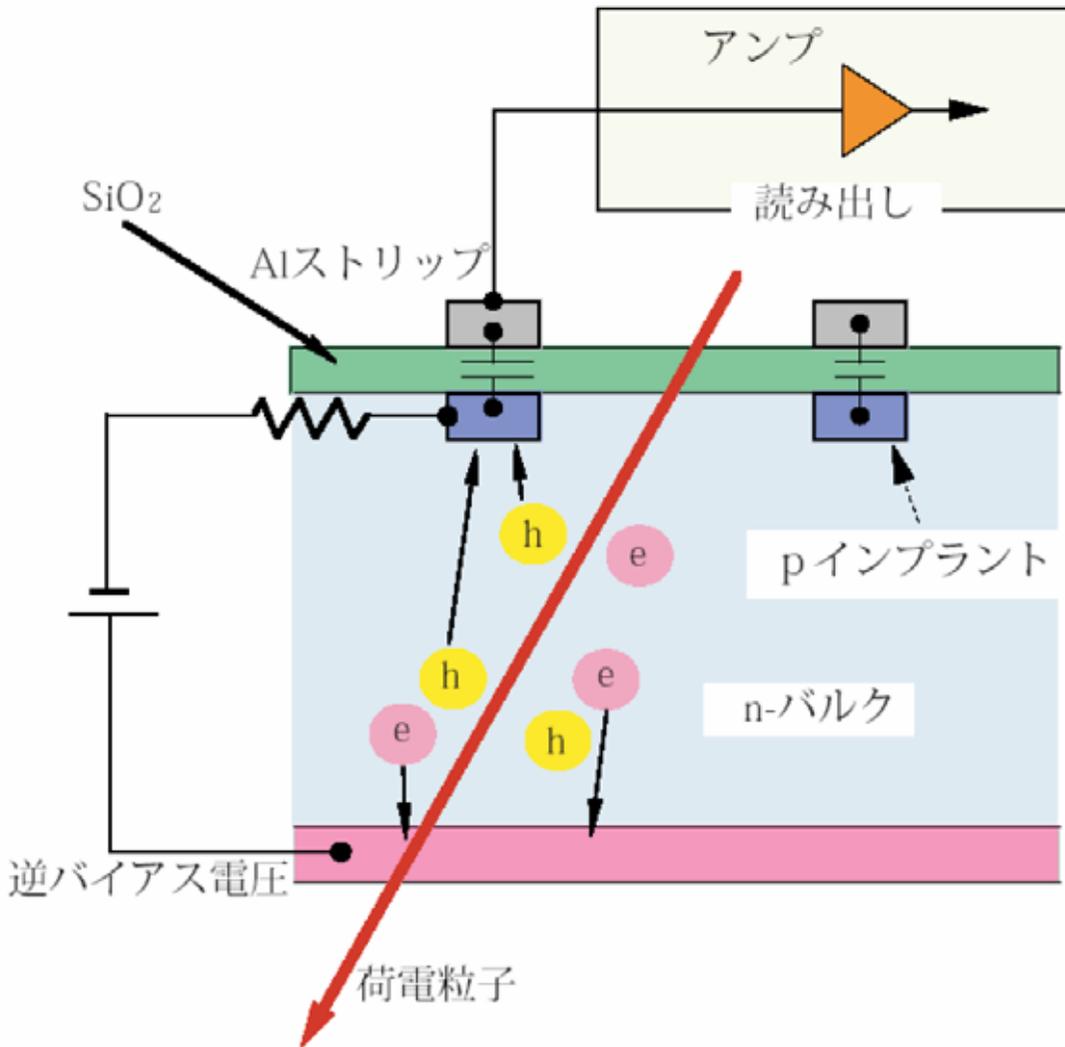
9ディスク

988モジュール



ディスク

SCT動作原理

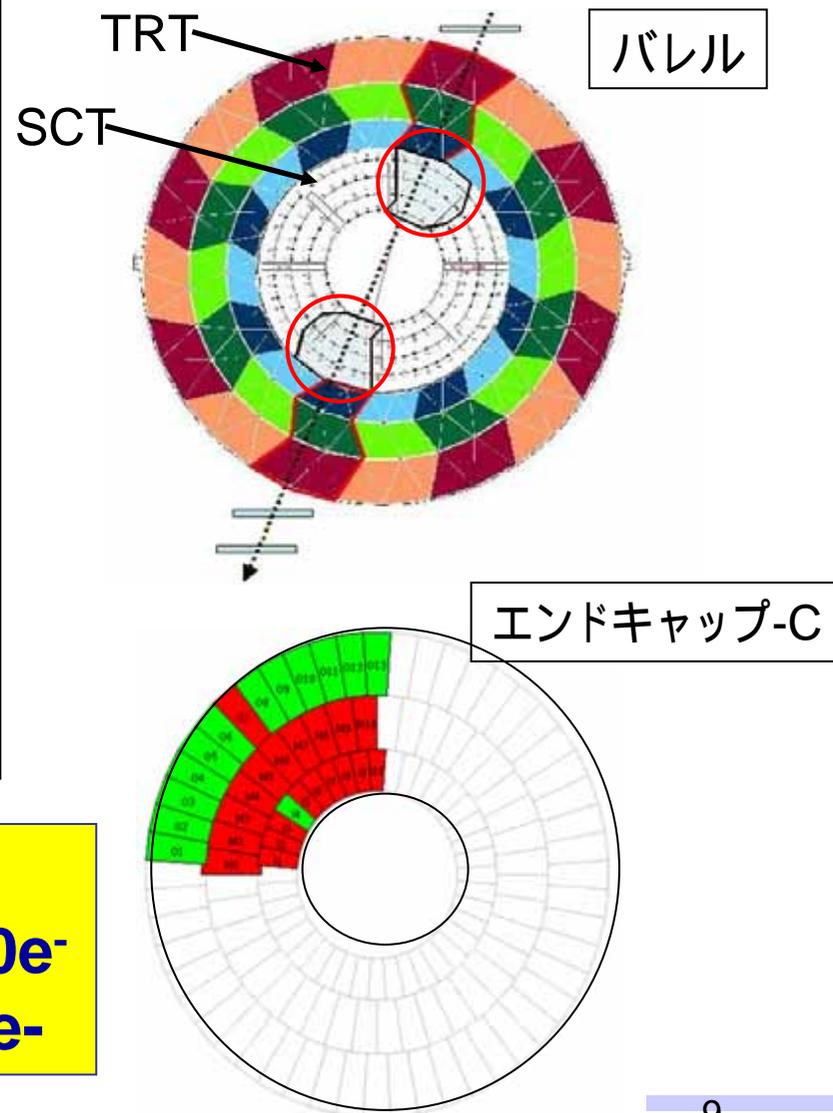


MIP荷電粒子の信号

80e ⁻ h対/ μm	24000e ⁻ (4fC)
シリコンの厚さ	285 μm
Threshold	1fC
バイアス電圧	150Volts
位置分解能	d/ 12=23 μm

2.SCT宇宙線テスト

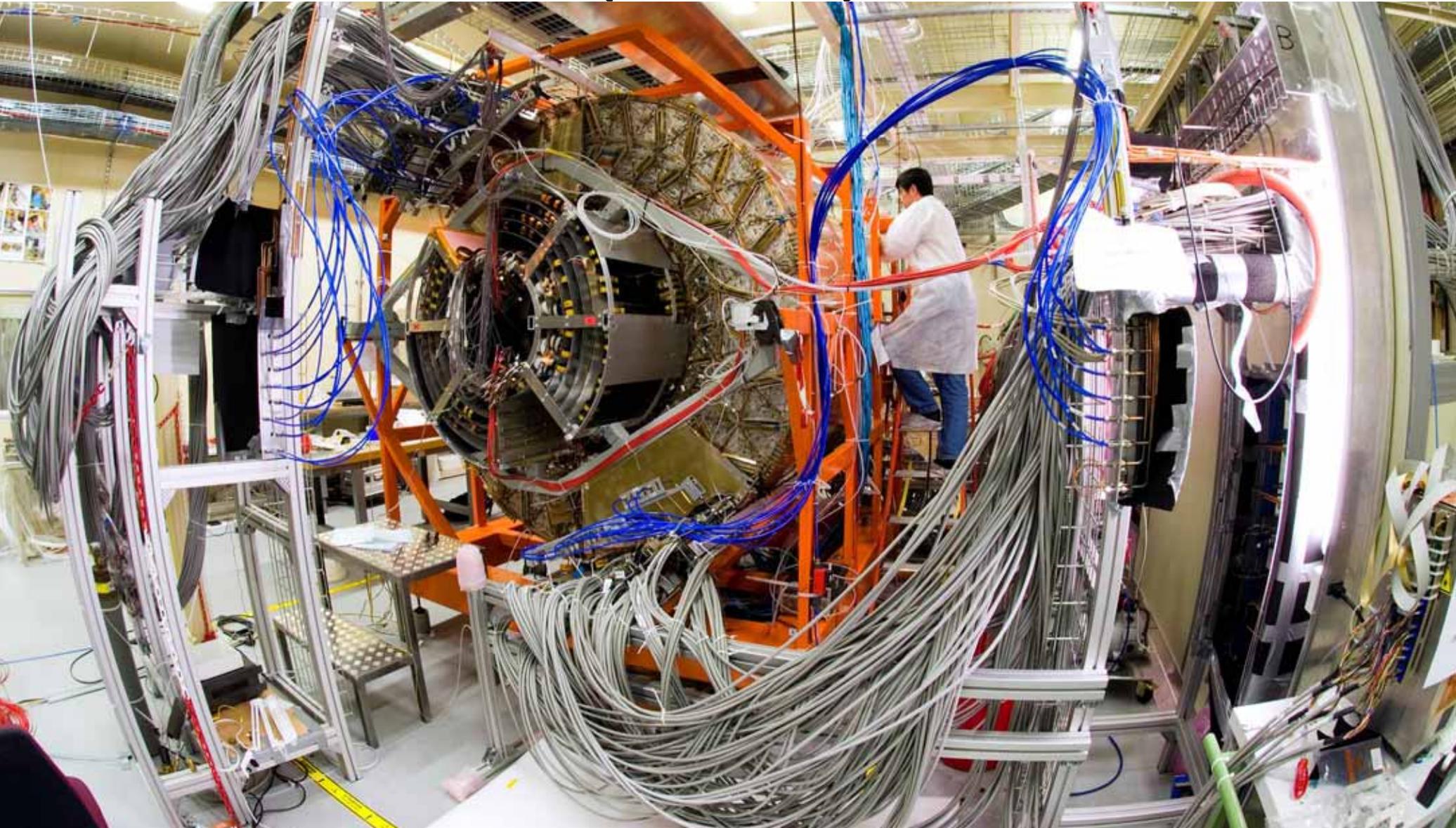
- 2006年の春と冬の地上での宇宙線テストがおこなわれた。
- 宇宙線テストの目的
 - オペレーションの経験を得る
 - ノイズ、検出効率を評価する
 - 検出器のアライメント
- 用いたモジュールの数 ~ 1/4をテスト
 - バレルモジュール: 468(2112)
 - エンドキャップモジュール: 247(988)
- 温度
 - ATLAS本実験: -7
 - 今宇宙線テスト: 17



SCTの設計値

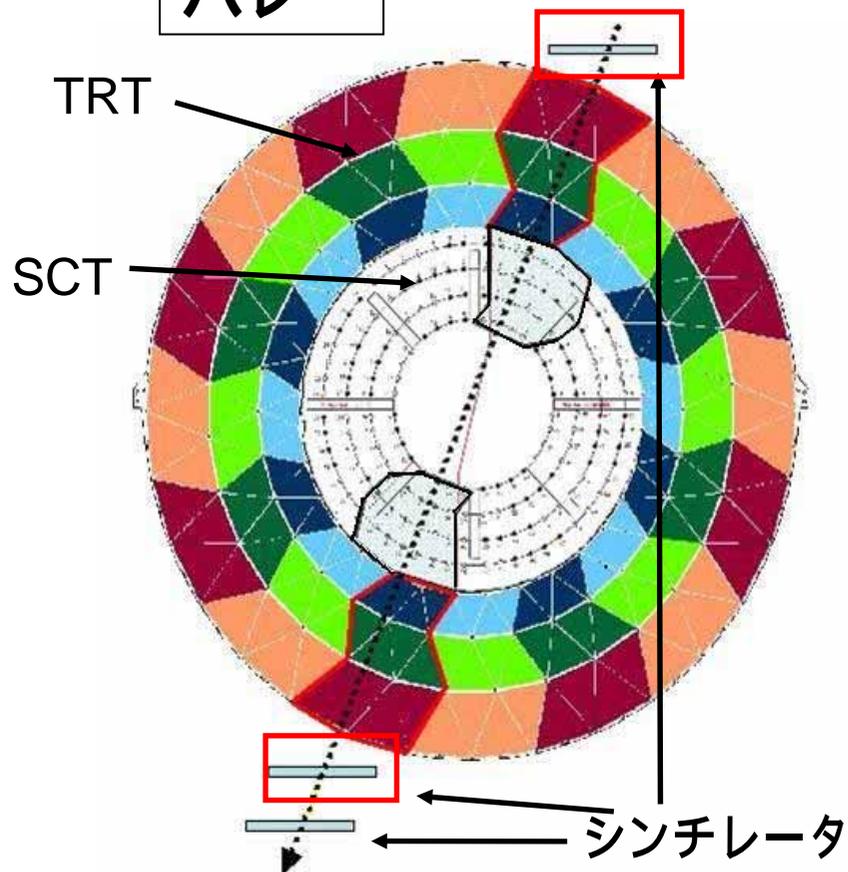
ENC (Equivalent Noise Charge) ~ 1500e⁻
(エンドキャップInner ~ 1000e⁻)

SCT飛跡検出器の宇宙線テスト風景 (バレル)

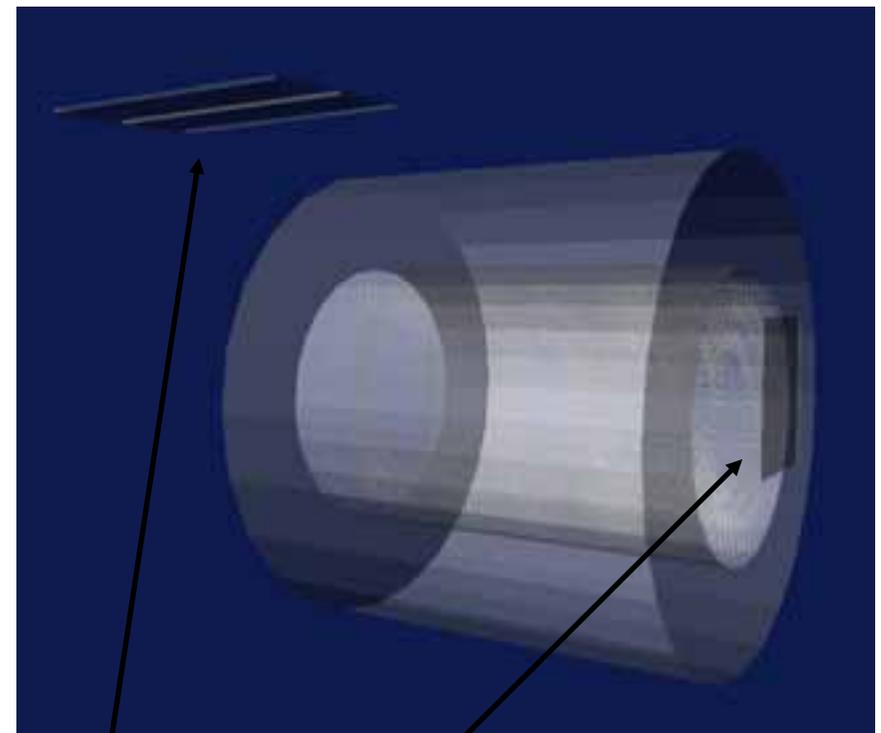


宇宙線テストのセットアップ

バレ



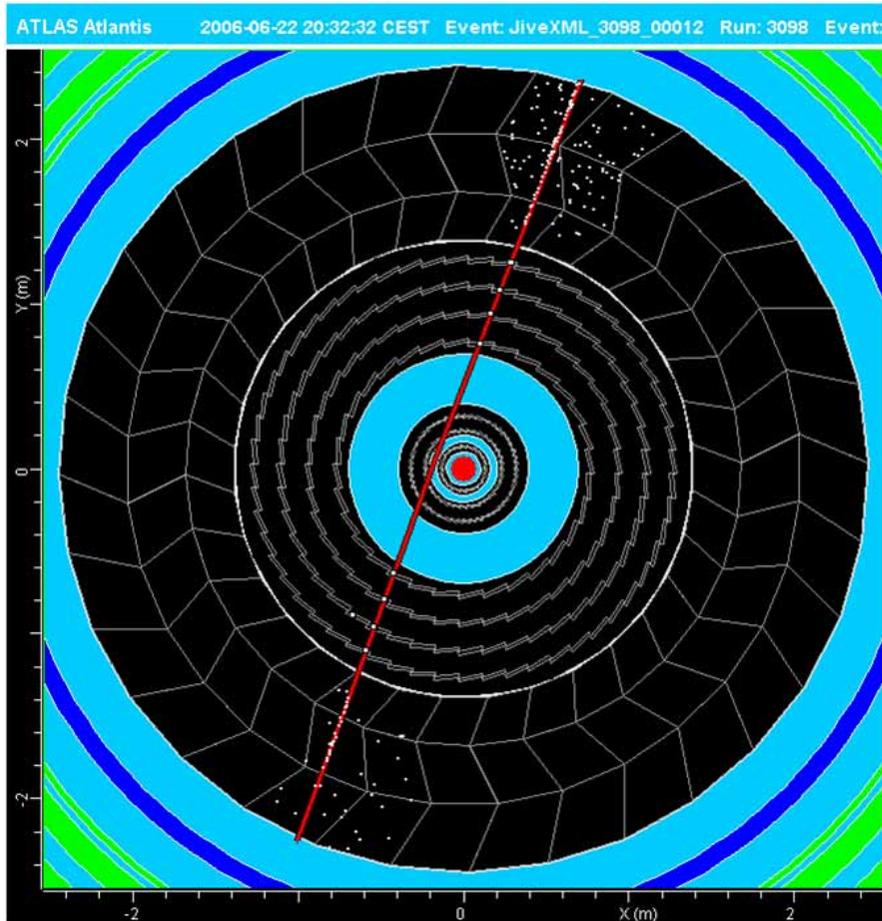
エンドキャップ



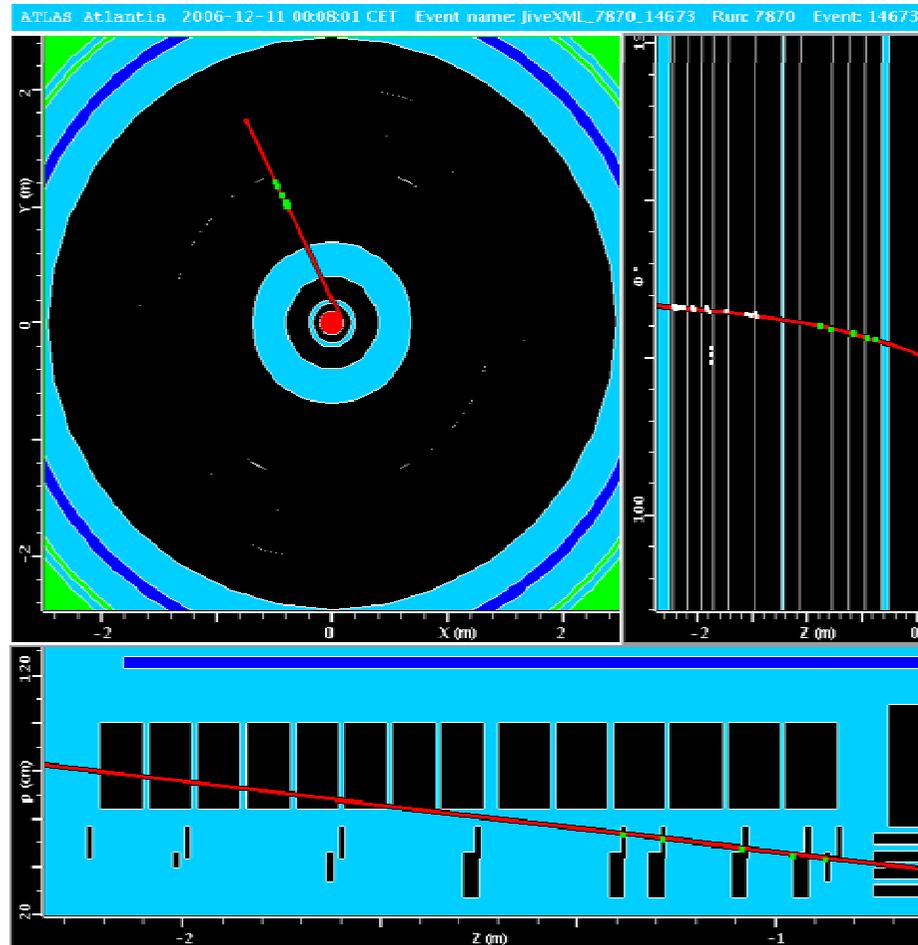
シンチレータ

宇宙線のイベントディスプレイ

バレル部宇宙線トラック



エンドキャップ部宇宙線トラック



2.1 ノイズ解析

定義

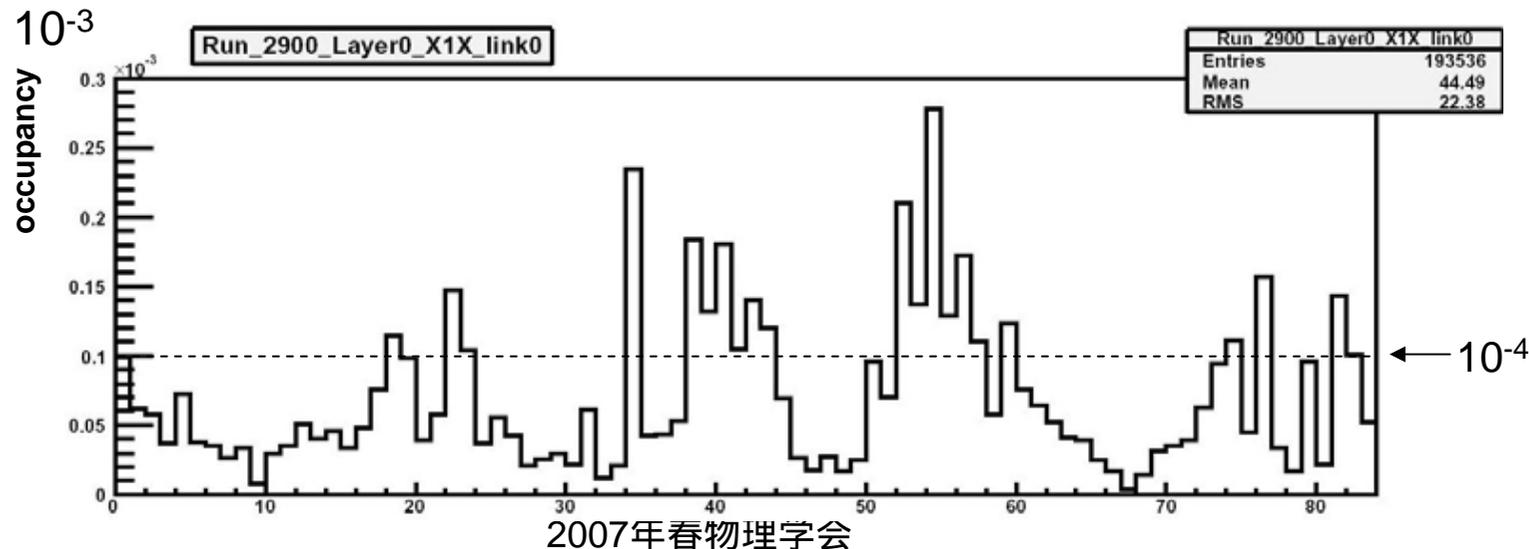
$$NoiseOccupancy = \frac{\text{ヒット数}}{\text{イベント数}}$$

ENC(Equivalent Noise Charge)

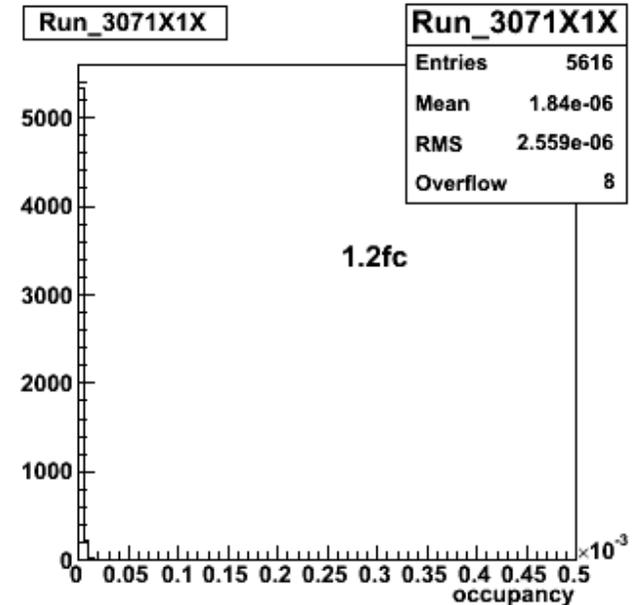
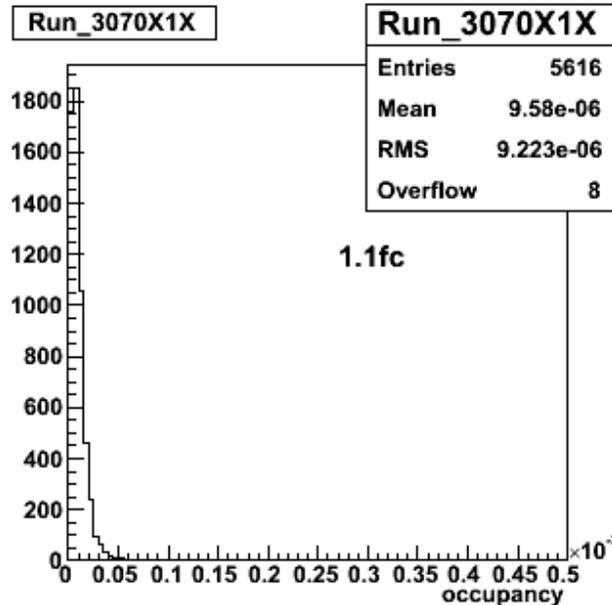
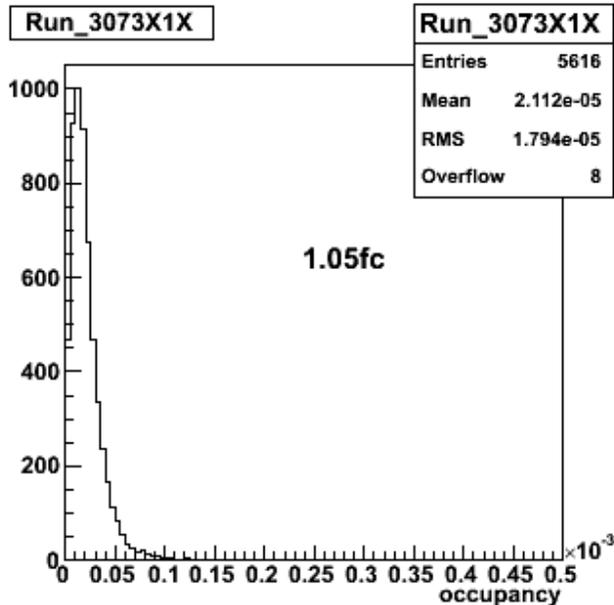
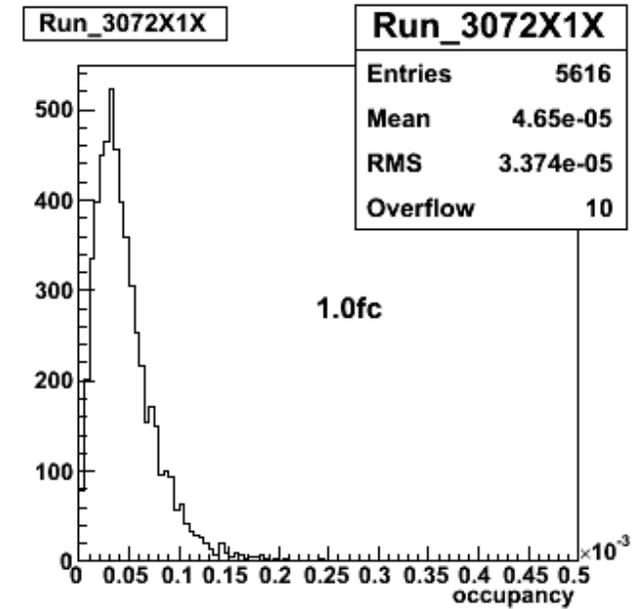
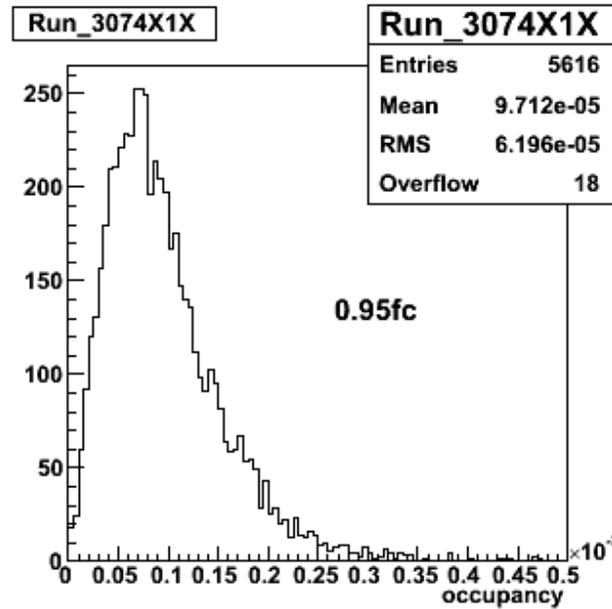
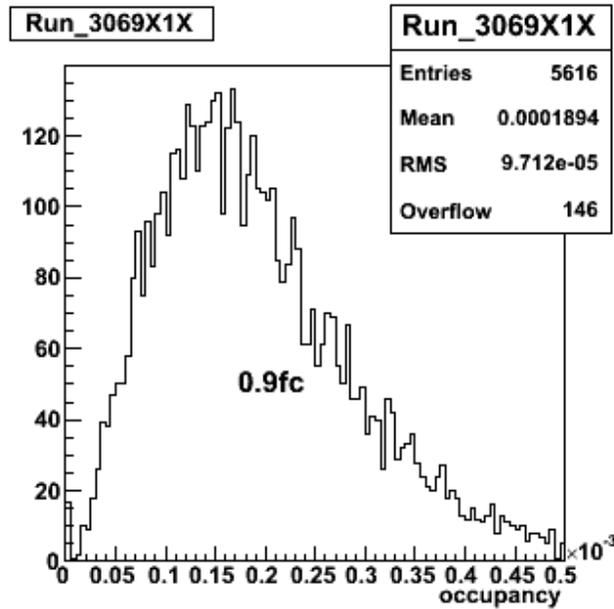
$$NoiseOccupancy = \frac{1 - \text{erf}\left(\frac{\text{Threshold}}{\sqrt{2}\text{ENC}}\right)}{2}$$

erf: 誤差関数

- Module、chip、strip単位でのノイズの差が大きい
 - チップ単位で評価(128strip)
- ENCを出すため、Thresholdを変化させた(0.9,0.95,1,1.05,1.1,1.2fC)



ノイズ解析(バレル)



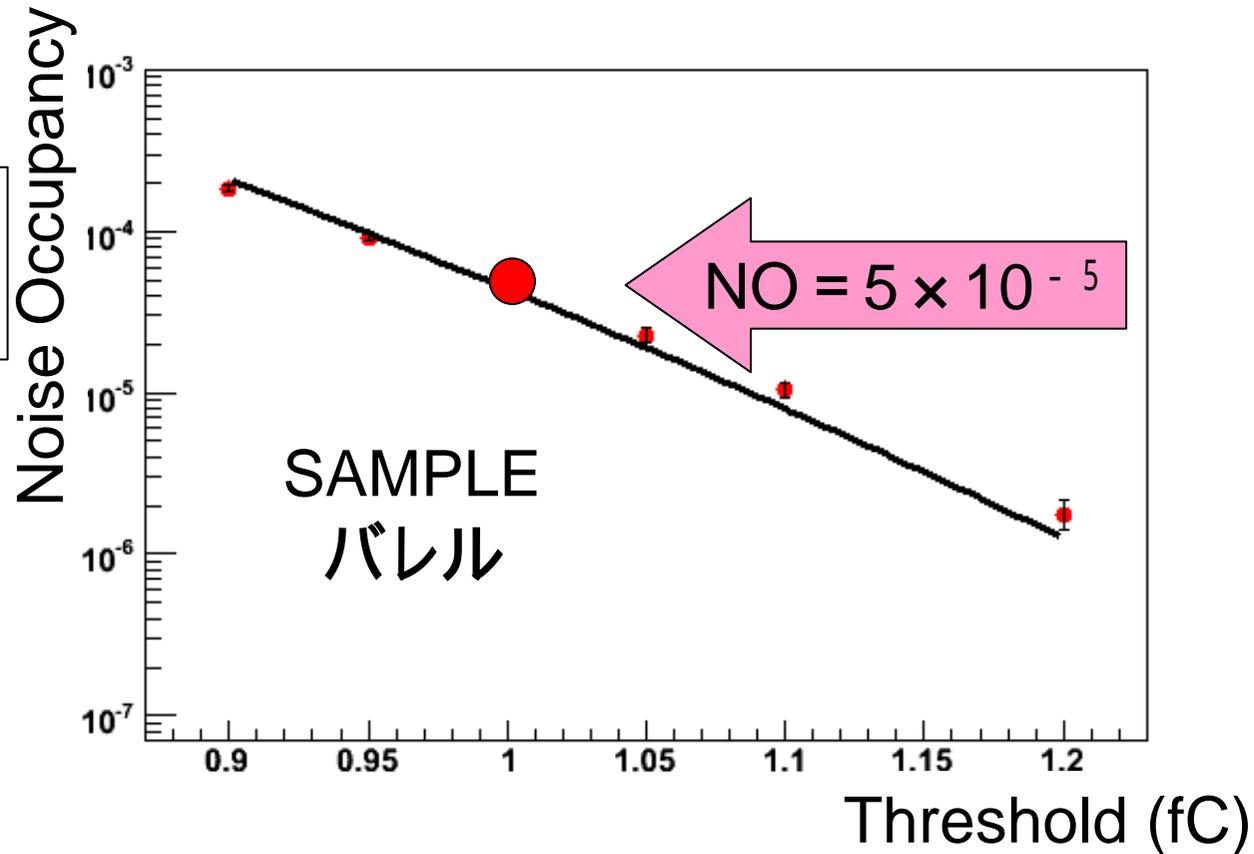
NO vs Threshold ENC

ENC(Equivalent Noise Charge)

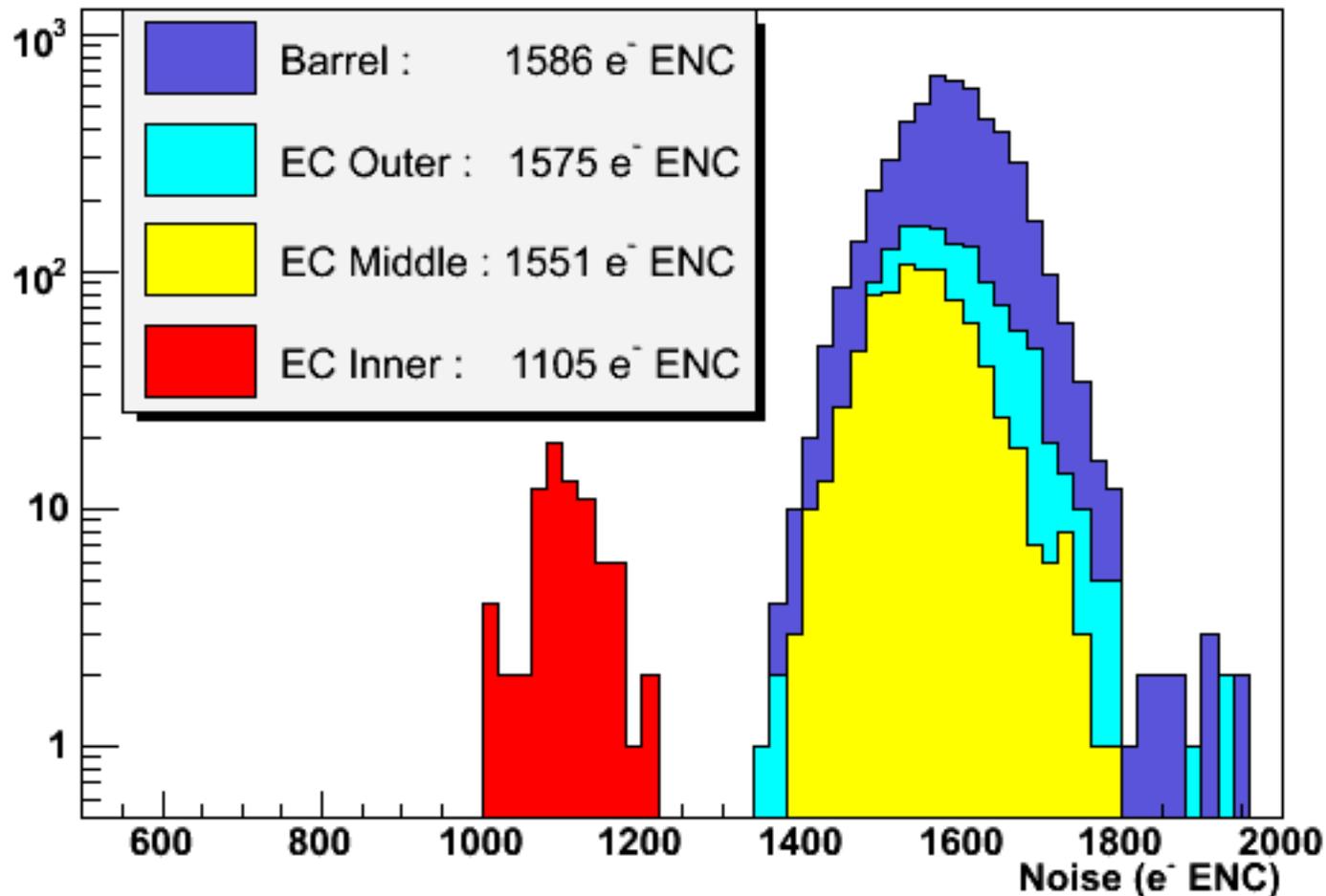
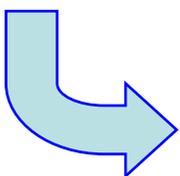
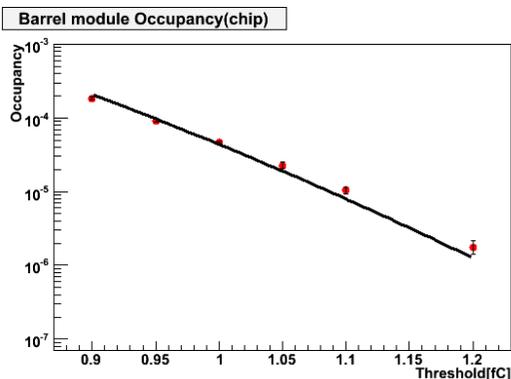
$$\text{NoiseOccupancy} = \frac{1 - \text{erf}\left(\frac{\text{Threshold}}{\sqrt{2}\text{ENC}}\right)}{2}$$

erf: 誤差関数

注: ノイズは正規分布に従うと仮定



測定したENC



SCTの設計値

ENC (Equivalent Noise Charge) $\sim 1500e^-$

(エンドキャップInner $\sim 1000e^-$)

2.2 Noisy/Dead チャンネル

- バレル

- 動作していないモジュール: 1
- 宇宙線テストでの全ストリップ
 $768 * 2 * 467 = 717\ 312$
- 正常に動作していないチャンネル
Dead 1908
Noisy 265
Total 2173

全体の0.30% + 1モジュール
(モジュール含めると0.52%)

99.5%正常に動作

- エンドキャップ

- 動作していないモジュール: 1
- 宇宙線テストでの全ストリップ
 $768 * 2 * 246 = 377\ 856$
- 正常に動作していないチャンネル
Dead 979
Noisy 203
Total 1182

全体の0.313% + 1モジュール
(モジュール含めて0.72%)

99.3%正常に動作

3.まとめ

- **宇宙線テストでSCTの性能評価**
 - 正常に動作しているチャンネルは
 - バレル 99.5%
 - エンドキャップ 99.3%
 - ノイズ(ENC)~1600e⁻ で、ほぼ設計どおりである。
 - 多少高いのは常温(17)でやったため
 - 本来 -7
- **2007年春地下コミッションが開始される**



Barrel Cosmic Track @SR1

